

DESORPSI ION LOGAM BESI (Fe) DAN TEMBAGA (Cu) DARI ADSORBEN BIJI PEPAYA DENGAN LARUTAN PENDESORPSI ASAM DAN BASA

Anita Karunia Zustriani

Universitas Islam Negeri Wali Songo

Jl. Prof. Dr. Hamka Kampus II Ngaliyan Semarang 50185 Telp. (024) 76433366

Email: anitazustriani@walisongo.ac.id

ABSTRACT

Research on heavy metals (iron and copper) ions uptake in wastewater using papaya seed powder and the desorption process has been conducted. The purpose of this study was to provide solutions on handling and processing of heavy metal waste in the laboratory. The adsorption and desorption method is used for this purpose. Desorption process using acid and base desorption agents/solutions. The results show that acid solution gives the better outcome in metal ions desorption from the surface of adsorbent. Acid solution used is hydrochloric acid (HCl), the optimum concentration is 0,15 M. In acidic solution (HCl 0,15 M), the percent desorption of iron (Fe) metal ion was 53,66% and the percent desorption of copper (Cu) metal ion was 91,56%.

Keywords: *papaya seed adsorbent, adsorption, desorption, iron metal ion, copper metal ion.*

ABSTRAK

Penelitian tentang penyerapan ion logam berat (besi dan tembaga) dalam air limbah menggunakan adsorben biji pepaya dan proses desorpsinya telah dilakukan. Tujuan penelitian ini adalah memberikan solusi penanganan dan pengolahan limbah logam berat di laboratorium. Metode adsorpsi dan desorpsi digunakan untuk tujuan tersebut. Proses desorpsi menggunakan agen/larutan pendesorpsi asam dan basa. Hasil penelitian menunjukkan bahwa larutan asam memberikan hasil yang lebih baik dalam mendesorpsi ion logam dari permukaan adsorben. Larutan asam yang digunakan adalah HCl, konsentrasi optimum 0,15 M. Dalam larutan asam (HCl 0,15 M), persen desorpsi ion logam besi (Fe) 53,66% dan ion logam tembaga (Cu) 91,56%.

Kata kunci: *adsorben biji pepaya, adsorpsi, desorpsi, ion logam besi, ion logam tembaga*

PENDAHULUAN

Limbah cair laboratorium umumnya memiliki derajat keasaman (pH) yang sangat rendah, yang artinya sangat asam. Limbah yang sangat asam jika langsung dibuang ke lingkungan dapat merusak jaringan hidup (baik hewan maupun tumbuhan) yang dilaluinya, karena asam bersifat korosif, sehingga diperlukan proses pengolahan yang efektif sebelum dapat membuang limbah cair ke perairan bebas. Disamping memiliki pH yang rendah, limbah cair laboratorium juga mengandung logam-logam berat. Logam berat menjadi masalah utama pencemaran karena logam berat memiliki sifat toksik, juga tidak terdegradasi secara biologis, sehingga limbah logam berat membutuhkan penanganan khusus.

Beberapa metode untuk pengolahan limbah logam berat diantaranya presipitasi dan koagulasi, oksidasi kimia, sedimentasi, filtrasi, pemisahan dengan membran, dan pertukaran ion. Diantara beberapa metode yang ada, adsorpsi lebih sering digunakan karena lebih bersih, lebih efisien, dan lebih murah (Gilbert, et. al., 2011). Adsorpsi terjadi karena adanya interaksi antara permukaan adsorben dengan molekul adsorbat (Abas, et. al., 2013). Kation logam berat dalam limbah cair dapat diserap di permukaan adsorben sehingga konsentrasinya dalam larutan

akan menurun. Adsorpsi juga dapat menjernihkan warna limbah dan menghilangkan bau yang ada karena mampu menyerap gas dan partikel yang terkandung dalam limbah cair.

Karbon aktif dan silika gel merupakan adsorben konvensional yang banyak digunakan dalam proses adsorpsi. Adsorben tersebut mempunyai kemampuan adsorpsi yang baik, tetapi relatif mahal. Upaya pencarian adsorben alternatif yang lebih murah baru-baru ini meningkat, terutama adsorben alternatif yang berasal dari alam atau biosorben (Jun Dai, et. al., 2012).

Diantara beberapa adsorben alternatif yang berasal dari limbah pertanian, yang menarik adalah penggunaan biji pepaya. Biji pepaya merupakan limbah pertanian yang dapat dijadikan sebagai adsorben dengan biaya yang murah. Biji pepaya mengandung beberapa senyawa-senyawa aktif seperti alkaloid, flavonoid, glikosida antrakinon, tanin, triterpenoid/steroid, dan saponin (T. Pangesti, dkk., 2013). Selain itu, biji pepaya juga memiliki kandungan karbohidrat yang tinggi, yang berarti memiliki kandungan karbon yang tinggi (F.A. Pavan, et al., 2014), sehingga biji pepaya dapat digunakan sebagai adsorben (biosorben). Semakin tinggi kandungan karbon, semakin baik kemampuannya sebagai adsorben.

Salah satu keuntungan menggunakan biomaterial (material biologi) sebagai adsorben adalah mudah diregenerasi. Regenerasi dapat dilakukan melalui desorpsi sehingga dapat dilakukan *recovery* logam-logam yang telah disisihkan dan adanya *reuse* adsorben. Desorpsi dapat dilakukan dengan mengontakkan adsorben yang telah digunakan dengan agen/larutan pendesorpsi. Agen/larutan pendesorpsi yang digunakan dapat berupa larutan asam, basa, dan netral.

Penelitian ini diharapkan mampu memberikan kontribusi nyata terhadap penanganan limbah cair khususnya limbah logam berat di Laboratorium Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo, serta membantu menekan biaya pengolahan limbah cair dengan memanfaatkan kembali adsorben biji pepaya (yang telah digunakan untuk adsorpsi sebelumnya).

BAHAN DAN METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah metode eksperimen yang dilaksanakan di Laboratorium Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang.

Bahan yang digunakan dalam penelitian antara lain biji pepaya, limbah cair laboratorium, soda caustic (NaOH), asam sulfat, asam klorida, $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$, dan akuades.

Limbah cair laboratorium yang digunakan untuk penelitian adalah limbah cair yang berasal dari sisa kegiatan praktikum di Laboratorium Kimia Fakultas Sains dan Teknologi UIN Walisongo Semarang. Sebagai akibat dari banyaknya kegiatan praktikum di laboratorium, menghasilkan limbah yang sangat banyak terutama limbah cair, termasuk limbah logam berat dalam konsentrasi tinggi.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian antara lain alat-alat gelas, neraca analitik, *hot plate*, oven, *magnetic stirrer*, *shaker*, *Atomic Absorption Spectrophotometer* (AAS), FTIR (*Fourier Transform Infra Red*), dan SEM (*Scanning Electron Microscopes*). AAS digunakan untuk menganalisis kandungan logam berat dalam sampel. FTIR dan SEM digunakan untuk karakterisasi adsorben.

Cara kerja dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

A. Pembuatan Adsorben

Biji pepaya dicuci dengan air bersih, kemudian dididihkan selama 8 jam untuk menghilangkan aril gelatin transparan. Setelah dididihkan 8 jam, kemudian disaring dan dicuci dengan akuades. Setelah dicuci, dikeringkan dengan oven pada suhu 60°C selama

48 jam untuk menghilangkan lemak. Biji pepaya yang telah dikeringkan kemudian dihaluskan dan diayak untuk mendapatkan ukuran yang seragam. Serbuk biji pepaya (adsorben) disimpan ke dalam pengering dingin.

B. Aktivasi Adsorben

Adsorben (serbuk biji pepaya) sebanyak ± 100 gram dicuci dengan akuades menggunakan *magnetic stirrer* selama 30 menit. Adsorben disaring dan dikeringkan di dalam oven dengan suhu 60°C selama 24 jam hingga kering merata. Adsorben biji pepaya yang telah kering kemudian dihaluskan kembali supaya tidak menggumpal dan diayak untuk mendapatkan ukuran yang seragam. Adsorben biji pepaya yang telah diaktivasi kemudian disimpan ke dalam pengering dingin.

C. Pembuatan Larutan Standar

Pembuatan larutan induk besi (Fe) dengan konsentrasi 50 mg/L yaitu dengan menimbang $\text{FeCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ sebanyak 0,0445 gram dan dilarutkan dengan akuades, ditepatkan dalam labu ukur 250 mL. Larutan induk Fe tersebut kemudian diencerkan untuk membuat larutan standar Fe dengan konsentrasi 5 mg/L, 10 mg/L, 15 mg/L, 20 mg/L, dan 25 mg/L. Berbagai konsentrasi larutan standar Fe tersebut dianalisis menggunakan AAS.

Pembuatan larutan induk tembaga (Cu) dengan konsentrasi 50 mg/L yaitu dengan menimbang $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ sebanyak 0,0491 gram dan dilarutkan dengan akuades, ditepatkan dalam labu ukur 250 mL. Larutan induk Cu tersebut kemudian diencerkan untuk membuat larutan standar Cu dengan konsentrasi 5 mg/L, 10 mg/L, 15 mg/L, 20 mg/L, dan 25 mg/L. Berbagai konsentrasi larutan standar Cu tersebut dianalisis menggunakan AAS.

D. Proses Adsorpsi

Adsorben biji pepaya ditimbang sebanyak 2 gram (massa optimum), ditambahkan larutan ion logam dengan konsentrasi 20 mg/L sebanyak 20 mL, kemudian campuran tersebut dikondisikan pada pH 8 (pH optimum). Untuk mengondisikan pH digunakan larutan NaOH atau HCl. Setelah tercapai pH 8, campuran tersebut diaduk dengan *magnetic stirrer* atau *shaker* selama 120 menit (waktu kontak optimum). Setelah 120 menit kemudian disaring, filtrat yang dihasilkan ditampung, ditambah 1 tetes asam sulfat pekat, dianalisis menggunakan AAS. Residu (adsorben biji pepaya yang telah digunakan) ditampung kembali, dikeringkan dengan oven pada suhu 60°C selama 24 jam.

Prosedur di atas berlaku untuk masing-masing logam Fe dan Cu, dilakukan berulang untuk mendapatkan massa adsorben yang dibutuhkan.

E. Proses Desorpsi

Adsorben biji pepaya yang telah digunakan untuk adsorpsi, ditimbang masing-masing sebanyak 2 gram, dimasukkan ke dalam 12 erlenmeyer, kemudian ke dalam erlenmeyer tersebut masing-masing ditambahkan larutan pendesorpsi asam dan basa. Sebagai larutan pendesorpsi asam digunakan HCl dengan variasi konsentrasi 0,1 M; 0,15 M; dan 0,2 M. Sebagai larutan pendesorpsi basa digunakan NaOH dengan variasi konsentrasi 0,1 M; 0,15 M; dan 0,2 M. Campuran tersebut diaduk dengan *magnetic stirrer* atau *shaker* selama 120 menit. Setelah 120 menit kemudian disaring, filtrat yang dihasilkan ditampung, dianalisis menggunakan AAS. Residu (adsorben biji pepaya yang telah didesorpsi) ditampung kembali, dikeringkan dengan oven pada suhu 60°C selama 24 jam.

Ditentukan larutan pendesorpsi terbaik dan konsentrasi optimumnya.

F. Analisis dengan Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS)

Larutan standar dan sampel dianalisis menggunakan AAS. Data yang didapatkan adalah konsentrasi logam dalam larutan (yang tidak teradsorpsi), sehingga konsentrasi logam yang teradsorpsi merupakan selisih dari konsentrasi awal dan akhir (yang tidak teradsorpsi). Kemudian ditentukan persentase logam teradsorpsi dengan rumus:

$$Efisiensi\ adsorpsi = \frac{(C_0 - C)}{C_0} \times 100\%$$

Kapasitas adsorpsi dapat dihitung dengan rumus:

$$Q = \frac{V(C_0 - C)}{m}$$

Dengan:

Q = kapasitas adsorpsi (mg/g)

V = volume larutan (L)

C₀ = konsentrasi awal logam (mg/L)

C_e = konsentrasi akhir logam (mg/L)

m = massa adsorben (g)

Sedangkan persen desorpsi dihitung dengan rumus:

$$\% Desorpsi = \frac{Jumlah\ ion\ logam\ terdesorpsi}{Jumlah\ ion\ logam\ teradsorpsi} \times 100\%$$

G. Karakterisasi Adsorben

Adsorben biji pepaya ditimbang masing-masing sebanyak 0,5 gram, kemudian dianalisis menggunakan FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) dan SEM (*Scanning Electron Microscopes*) with EDX (*Energy Dispersive X-ray*).

Ada beberapa sampel untuk uji FTIR, yaitu sampel adsorben teraktivasi, adsorben teradsorpsi Cu, adsorben teradsorpsi Fe, adsorben terdesorpsi Cu (HCl 0,15 M), adsorben terdesorpsi Cu (NaOH 0,15 M), adsorben terdesorpsi Fe (HCl 0,15 M), dan adsorben terdesorpsi Fe (NaOH 0,15 M).

Sedangkan sampel untuk uji SEM-EDX, yaitu sampel adsorben teraktivasi, sampel adsorben teradsorpsi Cu, sampel adsorben teradsorpsi Fe, sampel adsorben terdesorpsi Cu (HCl 0,15 M), dan sampel adsorben terdesorpsi Fe (HCl 0,15 M).

HASIL DAN PEMBAHASAN**A. Pembuatan Adsorben**

Biji pepaya dicuci dengan air bersih, kemudian dididihkan selama 8 jam untuk menghilangkan aril gelatin transparan. Setelah dididihkan 8 jam, kemudian disaring dan dicuci dengan akuades. Setelah dicuci, dikeringkan dengan oven pada suhu 60°C selama 48 jam untuk menghilangkan lemak. Biji pepaya yang telah dikeringkan kemudian dihaluskan dan diayak untuk mendapatkan ukuran yang seragam.



Gambar 1. Proses Pembuatan Adsorben (biji pepaya)

Efisiensi penyerapan adsorben terhadap adsorbat sangat dipengaruhi oleh ukuran partikel adsorben. Semakin kecil ukuran partikel adsorben, maka semakin banyak adsorbat yang terserap. Hal ini disebabkan karena ukuran partikel yang kecil mempunyai tenaga inter molekuler yang lebih besar, sehingga penyerapannya menjadi lebih baik (Sri Ayu, dkk., 2017).

B. Aktivasi Adsorben

Pada proses aktivasi adsorben, serbuk biji pepaya sebanyak ± 100 gram dicuci dengan akuades menggunakan *magnetic stirrer* selama 30 menit. Adsorben disaring dan dikeringkan di dalam oven dengan suhu 60°C selama 24 jam hingga kering merata.

Aktivasi adsorben bertujuan untuk memodifikasi bagian permukaan adsorben sehingga kapasitas adsorpsi dapat meningkat. Pencucian adsorben yang mengandung selulosa dengan akuades dilakukan untuk menghilangkan komponen-komponen non selulosa yang menempel pada adsorben (U.Sulistyana, 2010). Selanjutnya adsorben dikeringkan dalam oven dengan suhu 60°C selama 24 jam hingga kering merata.



Gambar 2. Perbedaan Adsorben Sebelum Aktivasi dan Setelah Aktivasi dengan Akuades

Pada adsorben yang diaktivasi, teksturnya lebih halus yang berarti memiliki ukuran partikel yang lebih kecil dibandingkan dengan adsorben yang tidak diaktivasi. Efisiensi penyerapan adsorben terhadap adsorbat sangat dipengaruhi oleh ukuran partikel adsorben. Semakin

kecil ukuran partikel adsorben, semakin besar luas permukaan adsorben, yang akan meningkatkan efisiensi penyerapannya.

C. Proses Adsorpsi

Proses adsorpsi dilakukan pada suhu ruang, pemilihan suhu ruang ini karena proses adsorpsi pada suhu yang semakin tinggi menyebabkan ion logam berat yang terserap oleh adsorben semakin sedikit. Hal ini terjadi karena semakin tinggi suhu pada proses adsorpsi, maka pergerakan ion semakin cepat sehingga jumlah ion logam berat yang terserap oleh adsorben semakin berkurang (Kundari dan Slamet, 2008).

Tabel 1. Adsorpsi ion logam tembaga (Cu) dan besi (Fe)

Logam	Volume Larutan (L)	Massa Adsorben (gram)	Konsentrasi Awal (mg/L)	Konsentrasi Akhir (mg/L)	Konsentrasi Teradsorp (mg/L)	Kapasitas Adsorpsi (mg/g)	Efisiensi Adsorpsi (%)
Cu	0,02	2	20	1,673	18,327	0,183	91,635
Fe	0,02	2	20	4,364	15,636	0,156	78,18

Pada proses adsorpsi ion logam tembaga (Cu) menggunakan larutan Cu 20 mg/L sebanyak 20 mL (0,02 L), massa adsorben 2 gram. Dari hasil AAS, diperoleh konsentrasi akhir 1,673 mg/L, sehingga dapat dihitung konsentrasi ion logam Cu yang teradsorp sebesar 18,327 mg/L. Sedangkan pada proses adsorpsi pertama ion logam besi (Fe) menggunakan larutan Fe dengan konsentrasi yang sama yaitu 20 mg/L sebanyak 20 mL (0,02 L), massa adsorben 2 gram. Dari hasil AAS, diperoleh konsentrasi akhir 4,364 mg/L, sehingga dapat dihitung konsentrasi ion logam Fe yang teradsorp sebesar 15,636 mg/L.

Tabel 1 menunjukkan bahwa kapasitas adsorpsi adsorben biji pepaya untuk ion logam tembaga (Cu) sebesar 0,183 mg/g, dengan efisiensi adsorpsi 91,635%. Sedangkan kapasitas adsorpsi adsorben biji pepaya untuk ion logam besi (Fe) sebesar 0,156 mg/g, dengan efisiensi adsorpsi 78,18%.

Hasil uji FTIR pada adsorben biji pepaya setelah aktivasi menghasilkan spektrum sebagai berikut:

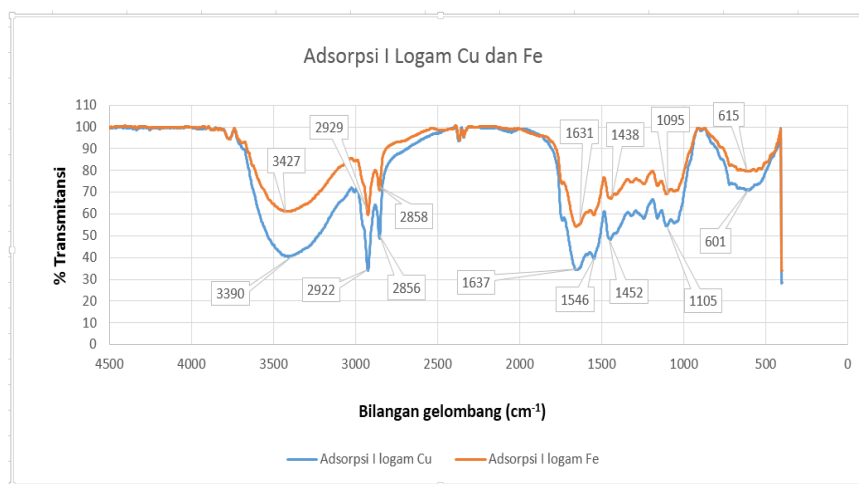


Gambar 3. Hasil uji FTIR adsorben biji pepaya yang diaktivasi

Pada bilangan gelombang 4000-2500 cm^{-1} ada serapan ikatan tunggal H, yang terdiri dari gugus fungsi O-H, N-H, dan C-H. Pada bilangan gelombang 2500-2000 cm^{-1} ada serapan ikatan rangkap tiga, seperti ikatan rangkap tiga $\text{C}\equiv\text{C}$ dan $\text{C}\equiv\text{N}$. Pada bilangan gelombang 2000-1500 cm^{-1} ada serapan ikatan rangkap dua, seperti ikatan rangkap dua $\text{C}=\text{O}$, $\text{C}=\text{N}$,

dan C=C. Pada bilangan gelombang 1500-500 cm^{-1} ada serapan ikatan tunggal C-C, C-N, C-O, dan C-X.

Hasil uji FTIR pada adsorben biji pepaya setelah digunakan untuk adsorpsi ion logam tembaga (Cu) dan besi (Fe) menghasilkan spektra pada gambar 4.



Gambar 4. Hasil uji FTIR adsorben biji pepaya setelah adsorpsi

Pada daerah ulur hidrogen (3700-2700 cm^{-1}), puncak terjadi karena vibrasi ulur dari atom hidrogen dengan atom yang lain. Vibrasi ulur O-H atau N-H muncul pada daerah 3700-3100 cm^{-1} , adanya ikatan hidrogen menyebabkan puncak melebar dan terjadi pergeseran ke arah bilangan gelombang yang lebih pendek. Vibrasi C-H alifatik muncul pada bilangan gelombang 3000-2850 cm^{-1} .

Dari hasil uji FTIR dapat diamati bahwa pada adsorben biji pepaya yang diaktivasi vibrasi ulur O-H muncul pada bilangan gelombang 3340,5 cm^{-1} . Hasil uji FTIR pada adsorben biji pepaya yang telah digunakan untuk adsorpsi, vibrasi ulur O-H muncul pada bilangan gelombang yang lebih besar, yaitu 3390 cm^{-1} untuk logam tembaga (Cu) dan 3427 cm^{-1} untuk logam besi (Fe). Setelah digunakan untuk proses adsorpsi, terjadi kenaikan bilangan gelombang, yang berarti kuantitas gugus fungsi pada adsorben berkurang karena telah berikatan dengan ion logam. Bilangan gelombang menunjukkan serapan vibrasi dari sebuah gugus fungsi, yang hubungannya berbanding terbalik dengan massa atau kuantitas atom yang bervibrasi. Saat terjadi penurunan bilangan gelombang, maka hal ini menunjukkan serapan vibrasi dari gugus fungsi tersebut berkurang, yang berarti massa atau kuantitas dari gugus fungsi tersebut semakin banyak (Sastrohamidjojo, 2007). Begitu juga sebaliknya, saat terjadi kenaikan bilangan gelombang, menunjukkan serapan vibrasi dari gugus fungsi tersebut bertambah, yang berarti massa atau kuantitas dari gugus fungsi tersebut semakin berkurang.

D. Proses Desorpsi

Adsorben biji pepaya yang telah digunakan untuk adsorpsi, kemudian dikeringkan dengan oven pada suhu 60°C selama 24 jam. Setelah kering, dihaluskan dan diayak. Adsorben ini selanjutnya digunakan untuk proses desorpsi.

Pada proses desorpsi, digunakan agen/larutan pendesorpsi asam dan basa dengan beberapa variasi konsentrasi, untuk menentukan agen/larutan pendesorpsi terbaik. Untuk agen/larutan pendesorpsi asam, digunakan HCl dengan konsentrasi 0,1 M; 0,15 M; dan 0,2

M. Sedangkan untuk agen/larutan pendesorpsi basa, digunakan NaOH dengan konsentrasi 0,1 M; 0,15 M; dan 0,2 M.

Tabel 2. Desorpsi ion logam tembaga (Cu)

Larutan Pendesorpsi	Volume Larutan Pendesorpsi (mL)	Massa Adsorben (gram)	Konsentrasi Cu Teradsorp (mg/L)	Konsentrasi Cu Terdesorp (mg/L)	% Desorpsi Logam Cu
HCl 0,1 M	20	2	18,327	13,19	71,97
HCl 0,15 M	20	2	18,327	16,78	91,56
HCl 0,2 M	20	2	18,327	16,29	88,88
NaOH 0,1 M	20	2	18,327	4,597	25,08
NaOH 0,15 M	20	2	18,327	4,056	22,13
NaOH 0,2 M	20	2	18,327	13,06	71,26

Tabel 2 menunjukkan bahwa agen/larutan pendesorpsi asam memberikan hasil yang lebih baik dalam proses desorpsi ion logam tembaga (Cu). Hal tersebut dapat dilihat dari konsentrasi Cu yang terdesorp dan dari persen desorpsinya. Nilai maksimal diberikan oleh agen/larutan pendesorpsi asam yaitu HCl 0,15 M, konsentrasi Cu terdesorp sebesar 16,78 mg/L, sehingga persen desorpsinya 91,56%.

Untuk desorpsi ion logam besi (Fe) ditunjukkan pada tabel 3.

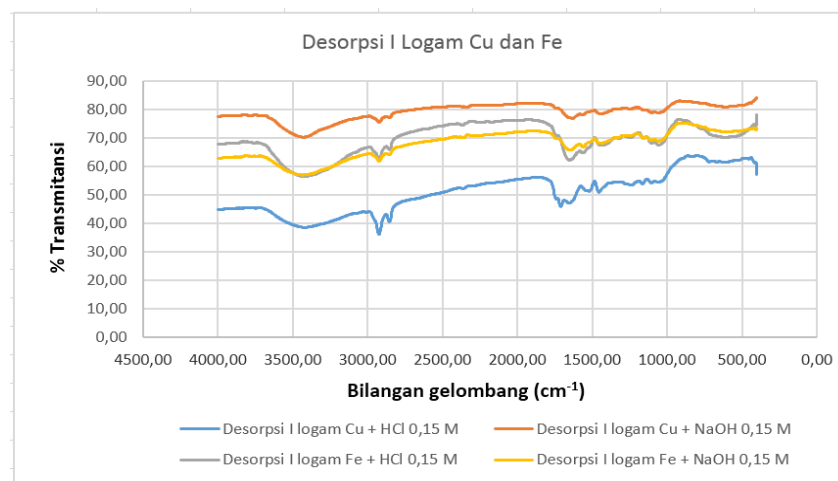
Tabel 3. Desorpsi ion logam besi (Fe)

Larutan Pendesorpsi	Volume Larutan Pendesorpsi (mL)	Massa Adsorben (gram)	Konsentrasi Fe Teradsorp (mg/L)	Konsentrasi Fe Terdesorp (mg/L)	% Desorpsi Logam Fe
HCl 0,1 M	20	2	15,636	5,614	35,9
HCl 0,15 M	20	2	15,636	8,39	53,66
HCl 0,2 M	20	2	15,636	4,369	27,94
NaOH 0,1 M	20	2	15,636	0,291	1,86
NaOH 0,15 M	20	2	15,636	1,127	7,21
NaOH 0,2 M	20	2	15,636	3,656	23,38

Untuk ion logam besi (Fe), agen/larutan pendesorpsi asam juga memberikan hasil yang lebih baik dalam proses desorpsi ion logam besi (Fe). Dengan agen/larutan pendesorpsi HCl 0,15 M, konsentrasi Fe terdesorp sebesar 8,39 mg/L, sehingga persen desorpsinya 53,66%.

Berdasarkan tabel 2 dan 3 di atas, terlihat bahwa persen desorpsi yang lebih besar terdapat pada agen/larutan pendesorpsi HCl, baik untuk desorpsi logam tembaga (Cu) maupun logam besi (Fe). Hal tersebut disebabkan pada medium asam, gugus karboksil, karbonil, atau hidroksil pada adsorben menjadi terprotonasi dan tidak menarik ion logam yang bermuatan positif, sehingga terjadi pelepasan ion-ion logam ke dalam larutan atau agen pendesorpsi. Pada media asam, proton-proton (H^+) dalam larutan menggantikan ion-ion logam pada permukaan adsorben. Persen desorpsi yang rendah terdapat pada agen/larutan pendesorpsi basa, kemungkinan diakibatkan gugus-gugus tersebut menjadi kurang terprotonasi, sehingga ion-ion logam yang berikatan sukar terlepas dari adsorben (Horsfall, et al., 2006). Pada agen/larutan pendesorpsi basa, kontak antara adsorben dan larutan

NaOH menghasilkan larutan yang keruh, karena ion logam yang dilepaskan oleh adsorben akan bereaksi dengan ion hidroksida dari NaOH membentuk endapan logam hidroksida. Persen desorpsi logam Cu lebih besar dibandingkan logam Fe, karena kapasitas adsorpsi logam Cu juga lebih besar dibandingkan kapasitas adsorpsi logam Fe. Artinya, semakin banyak logam yang terserap, maka kemungkinan terdesorpsi pun akan semakin besar. Hasil uji FTIR pada adsorben biji pepaya setelah digunakan untuk proses desorpsi ion logam tembaga (Cu) dan besi (Fe) menghasilkan spektra pada gambar 5.

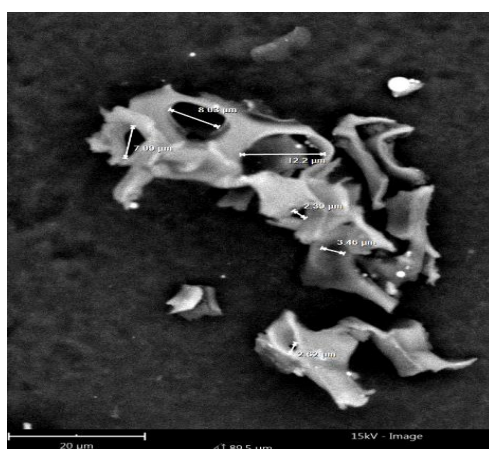


Gambar 5. Hasil uji FTIR adsorben biji pepaya setelah desorpsi

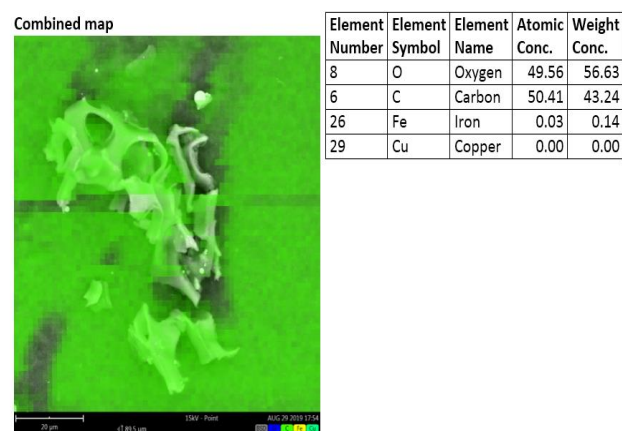
Proses desorpsi mengakibatkan pelepasan ion-ion logam dari gugus hidroksil yang ada pada adsorben. Semakin banyak ion logam yang terdesorpsi, maka gugus fungsi yang dibebaskan juga semakin banyak, sehingga mengakibatkan pergeseran bilangan gelombang (pada uji FTIR). Gambar 5 adalah spektra FTIR untuk adsorben biji pepaya setelah desorpsi logam tembaga (Cu) dan besi (Fe) dengan agen/larutan pendesorpsi asam dan basa. Pada desorpsi logam tembaga (Cu) dengan agen pendesorpsi HCl 0,15 M, vibrasi ulur O-H terbaca pada bilangan gelombang $3424,84\text{ cm}^{-1}$. Desorpsi logam tembaga (Cu) dengan agen pendesorpsi NaOH 0,15 M, vibrasi ulur O-H terbaca pada bilangan gelombang $3428,96\text{ cm}^{-1}$. Desorpsi logam besi (Fe) dengan agen pendesorpsi HCl 0,15 M, vibrasi ulur O-H terbaca pada bilangan gelombang $3428,15\text{ cm}^{-1}$. Desorpsi logam besi (Fe) dengan agen pendesorpsi NaOH 0,15 M, vibrasi ulur O-H terbaca pada bilangan gelombang $3435,73\text{ cm}^{-1}$. Pergeseran bilangan gelombang ke arah yang lebih kecil menunjukkan semakin banyak gugus fungsi yang ada pada adsorben, yang berarti ion logam yang dilepaskan juga semakin banyak. Desorpsi logam tembaga (Cu) dengan agen pendesorpsi HCl 0,15 M menghasilkan persen desorpsi terbesar yaitu 53,66%, vibrasi ulur O-H terbaca pada bilangan gelombang $3424,84\text{ cm}^{-1}$ (terkecil) menunjukkan bahwa lebih banyak gugus fungsi yang melepaskan ikatan dengan ion logam Cu. Desorpsi logam besi (Fe) dengan agen pendesorpsi NaOH 0,15 M menghasilkan persen desorpsi terkecil yaitu 7,21%, vibrasi ulur O-H terbaca pada bilangan gelombang $3435,73\text{ cm}^{-1}$ (terbesar) menunjukkan bahwa gugus fungsi yang melepaskan ikatan dengan ion logam Fe tidak sebanyak pada agen pendesorpsi asam (HCl).

E. Karakterisasi Adsorben dengan SEM

Analisis SEM (*Scanning Electron Microscope*) dilakukan untuk mengetahui struktur permukaan dan ukuran partikel dari adsorben biji pepaya. Struktur morfologi adsorben biji pepaya setelah aktivasi dianalisis menggunakan SEM, pada gambar 6 dan gambar 7.



Gambar 6. Ukuran pori adsorben biji pepaya yang diaktivasi

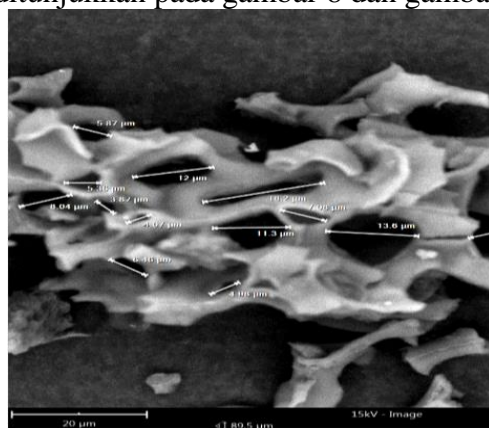


Gambar 7. Hasil *mapping* adsorben biji pepaya yang diaktivasi

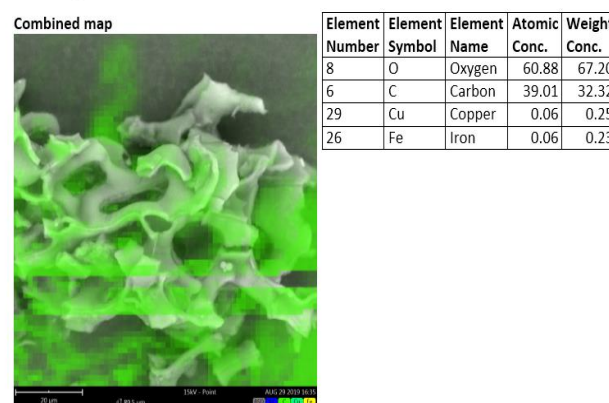
Ukuran pori adsorben biji pepaya yang diaktivasi bervariasi. Diambil beberapa titik untuk menentukan ukuran pori. Pori 1 berdiameter 2,39 μm , pori 2 berdiameter 2,62 μm , pori 3 berdiameter 3,46 μm , pori 4 berdiameter 7,09 μm , pori 5 berdiameter 8,03 μm , dan pori 6 berdiameter 12,2 μm .

Hasil *mapping* dengan alat SEM menunjukkan komposisi unsur yang terkandung di dalam adsorben biji pepaya tersebut, diantaranya Oksigen 56,63%, Carbon 43,24%, dan Fe 0,14%.

Struktur morfologi adsorben biji pepaya setelah digunakan untuk adsorpsi logam Cu ditunjukkan pada gambar 8 dan gambar 9.



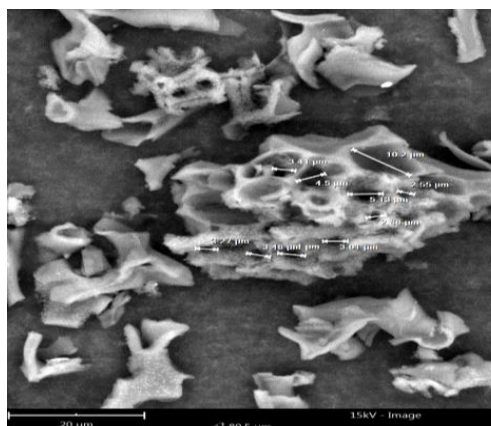
Gambar 8. Ukuran pori adsorben biji pepaya setelah adsorpsi Cu



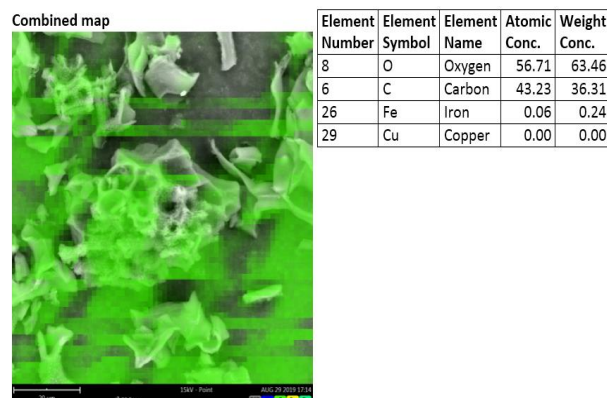
Gambar 9. Hasil *mapping* adsorben biji pepaya setelah adsorpsi Cu

Hasil *mapping* dengan alat SEM menunjukkan komposisi unsur yang terkandung di dalam adsorben biji pepaya tersebut, diantaranya Oksigen 67,20%, Carbon 32,32%, Cu 0,25%, dan Fe 0,23%. Dari hasil *mapping* terbaca adanya unsur Cu sebesar 0,25%, menandakan bahwa adsorben biji pepaya tersebut benar-benar telah mengadsorp logam Cu.

Struktur morfologi adsorben biji pepaya setelah digunakan untuk adsorpsi logam Fe ditunjukkan pada gambar 10 dan gambar 11.



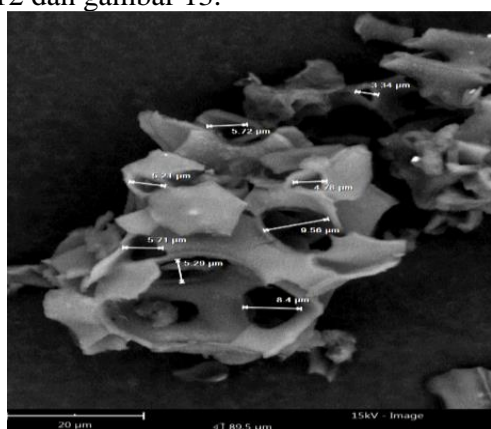
Gambar 10. Ukuran pori adsorben biji pepaya setelah adsorpsi Fe



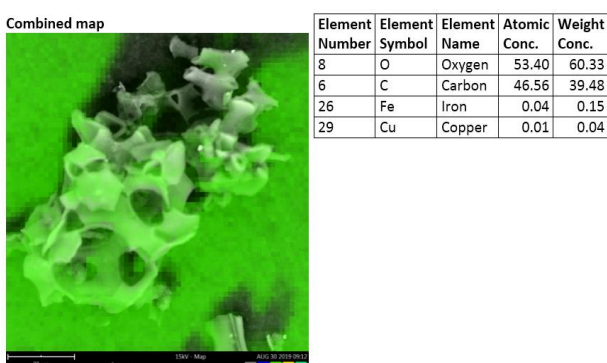
Gambar 11. Hasil *mapping* adsorben biji pepaya setelah adsorpsi Fe

Hasil *mapping* dengan alat SEM menunjukkan komposisi unsur yang terkandung di dalam adsorben biji pepaya tersebut, diantaranya Oksigen 63,46%, Carbon 36,31%, dan Fe 0,24%. Dari hasil *mapping* terbaca adanya unsur Fe sebesar 0,24%, menandakan bahwa adsorben biji pepaya tersebut benar-benar telah mengadsorp logam Fe.

Struktur morfologi adsorben biji pepaya setelah desorpsi logam Cu ditunjukkan pada gambar 12 dan gambar 13.



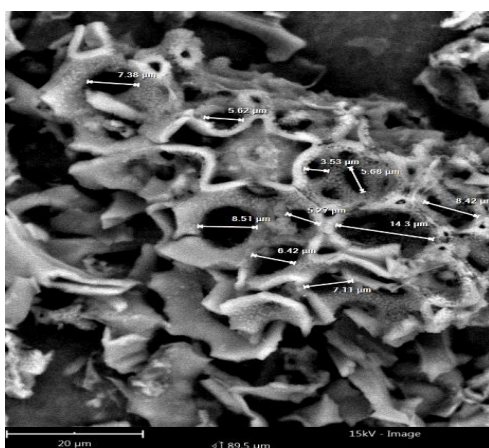
Gambar 12. Ukuran pori adsorben biji pepaya setelah desorpsi Cu



Gambar 13. Hasil *mapping* adsorben biji pepaya setelah desorpsi Cu

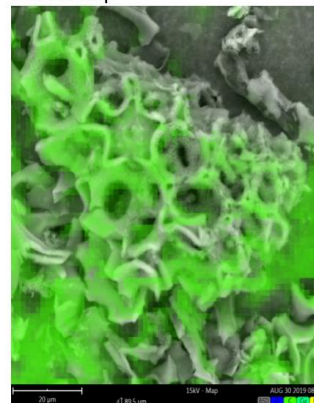
Hasil *mapping* dengan alat SEM menunjukkan komposisi unsur yang terkandung di dalam adsorben biji pepaya tersebut, diantaranya Oksigen 60,33%, Carbon 39,48%, Fe 0,15%, dan Cu 0,04%. Dari hasil *mapping* terbaca adanya unsur Cu sebesar 0,04%, terjadi penurunan prosentase Cu yang terikat di permukaan adsorben, menandakan bahwa sebagian Cu sudah terdesorpsi.

Struktur morfologi adsorben biji pepaya setelah desorpsi logam Fe ditunjukkan pada gambar 14 dan gambar 15.



Gambar 14. Ukuran pori adsorben biji pepaya setelah desorpsi Fe

Combined map



Element Number	Element Symbol	Element Name	Atomic Conc.	Weight Conc.
8	O	Oxygen	59.82	66.38
6	C	Carbon	40.14	33.43
29	Cu	Copper	0.02	0.10
26	Fe	Iron	0.02	0.09

Gambar 15. Hasil *mapping* adsorben biji pepaya setelah desorpsi Fe

Hasil *mapping* dengan alat SEM menunjukkan komposisi unsur yang terkandung di dalam adsorben biji pepaya tersebut, diantaranya Oksigen 66,38%, Carbon 33,43%, Cu 0,10%, dan Fe 0,09%. Dari hasil *mapping* terbaca adanya unsur Fe sebesar 0,09%, terjadi penurunan prosentase Fe yang terikat di permukaan adsorben, menandakan bahwa sebagian Fe sudah terdesorpsi.

KESIMPULAN

Adsorben biji pepaya mempunyai kemampuan yang baik dalam mendesorpsi ion logam besi (Fe) dan tembaga (Cu).

Agen/larutan pendesorpsi asam (HCl) memberikan hasil yang lebih baik dalam proses desorpsi ion logam besi (Fe) dan tembaga (Cu), konsentrasi optimum larutan asam 0,15 M.

Persen desorpsi ion logam besi (Fe) dengan larutan HCl 0,15 M sebesar 53,66%, persen desorpsi ion logam tembaga (Cu) dengan larutan HCl 0,15 M sebesar 91,56%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada LP2M UIN Walisongo Semarang yang telah memberikan kesempatan untuk melakukan penelitian ini.

Terima kasih yang setulus-tulusnya untuk semua pihak yang telah membantu terlaksananya penelitian ini, mulai dari penyediaan biji pepaya sampai terselesaikannya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abas, et. al., 2013, Adsorption Process of Heavy Metals by Low-Cost Adsorbent: A Review, *World Applied Sciences Journal* 28(11), 1518-1530.
- F.A. Pavan, E.S. Campicho, E.L. Guilherme and V.T.A. Branco, 2014, *Formosa Papaya Seed Powder (FPSP): Preparation, Characterization And Application As On Alternative Adsorben For The Removal Of Crystal Violet From Aqueous Phase*, *Jurnal Of Environmental Chemical Engineering* 2, 230-238.

- Gilbert, et. al., 2011, Biosorptive Removal of Pb^{2+} and Cd^{2+} Onto Novel Biosorbent: Defatted *Carica papaya* Seeds, Journal of Biomass and Bioenergy 35, 2517-2525.
- Horsfall, Michael, et al., 2006, Recovery of Lead and Cadmium Ions from Metal-Loaded Biomass of Wild Cocoyam (*Caladium bicolor*) Using Acidic, Basic and Neutral Eluent Solutions, Journal of Biotechnology, Delta State University, Nigeria.
- Jun Dai, et. al., 2012, Adsorption of Cr(VI) and Speciation of Cr(VI) and Cr(III) in Aqueous Solutions Using Chemically Modified Chitosan, International Journal of Environmental Research and Public Health, 9, 1757-1770.
- Kundari, N.A., dan Slamet, Wiyuniati, 2008, Tinjauan Keseimbangan Adsorpsi Tembaga dalam Limbah Pencuci PCB dengan Zeolit, Yogyakarta: Seminar Nasional IV SDM Teknologi Nuklir, 320-327.
- Sri Ayu, dkk., 2017, Pengaruh Massa dan Ukuran Partikel Adsorben Sabut Kelapa Terhadap Efisiensi Penyisihan Fe Pada Air Gambut, Jom FTEKNIK, Vol. 4, No.1.
- T. Pangesti, I.N. Fitriani, F. Ekaputra, And Hermawan, 2013, *Sweet Papaya Seed Candy Antibacterial Escherichia coli Candy With Papaya Seed (Carica papaya L.)*, Universitas Negeri Yogyakarta.
- U. Sulistyana, 2010, Studi Pendahuluan Adsorpsi Kation Ca dan Mg (Penyebab Kesadahan) Menggunakan Selulosa Bakterial Nata De Coco dengan Metode Batch, Prosiding Skripsi Semester Genap Jurusan Kimia FMIPA ITS Surabaya.